



TITLE:

Soil Ecosystem Processes in Tropical Forests, Savanna, and Croplands of Cameroon(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

Shibata, Makoto

CITATION:

Shibata, Makoto. Soil Ecosystem Processes in Tropical Forests, Savanna, and Croplands of Cameroon. 京都大学, 2018, 博士(農学)

ISSUE DATE:

2018-03-26

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k21164>

RIGHT:

学位規則第9条第2項により要約公開; 許諾条件により要約は2019-03-01に公開

(続紙 1)

京都大学	博士（農学）	氏名	柴田 誠
論文題目	Soil Ecosystems Processes in Tropical Forests, Savanna, and Croplands of Cameroon （カメルーンの熱帯林、サバンナおよび耕地における土壌生態系プロセスに関する研究）		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>強風化土壌が分布するアフリカ熱帯林やその周縁部に広がるサバンナでは、広く焼畑農業が営まれるが、今後大規模な商業的農業が拡大する前に持続的な農地利用法を確立する必要がある。本論文では、1) アフリカ熱帯林に代表的なOxisolsとUltisolsにおける森林－土壌間の元素動態を定量評価することによって土壌型の違いが熱帯林の生態系プロセスに及ぼす影響を調べるとともに、2) 森林－サバンナ境界帯のOxisols上に分布する森林、サバンナ、耕地での物質動態を実測し、耕地開墾前の植生がOxisolsからの養分損失に及ぼす影響を調べた上で、3) 土壌養分の持続性の観点から適切な農地利用を検討した。この一連の研究は、次の各章からなっている。</p> <p>第1章は序論であり、この研究の背景を明示するとともに、本論文で取り扱う課題について記述している。</p> <p>第2章では、研究対象地域であるカメルーン・東部州および南部州の気候、植生、土壌について記述している。また、各研究対象地点に設置した物質動態モニタリングプロットと圃場栽培試験についても詳細に記述している。</p> <p>第3章、第4章では、土壌型の異なる熱帯林2地点において、2年間にわたる植物－土壌間の物質動態を定量評価した現地試験の結果を述べている。まず第3章では、窒素フラックスの解析を行った。両地点ともに窒素固定樹種の優占を反映して、リターと林内雨による地表面への窒素フラックスは他地域の熱帯林より大きい一方で、O層下への窒素フラックスはUltisolsで小さく、Oxisolsで大きいことを示した。このように土壌型によって対照的な結果となった原因としては、Ultisolsにおいて高濃度の交換性AlがO層への細根集中を促した結果、地表面への投入窒素の大部分がO層内で吸収されたためであると考えられた。熱帯林の窒素フラックスを調べた先行研究と合わせて解析したところ、Oxisolsと窒素固定樹種の組み合わせがO層以深への大きな窒素フラックスを引き起こす一方、UltisolsではO層に集中した植物根（ルートマット）が窒素の大部分を吸収するためにO層以深への窒素フラックスが一貫して小さいことが示された。このようにアフリカ熱帯林の植物－土壌間の窒素循環様式は、土壌断面内の細根分布が土壌酸度の違いによって規定されることを通して、土壌型によって制御されている可能性が示された。</p> <p>第4章では、有機物動態および降雨の下方浸透に伴う溶存有機態炭素（DOC）・窒素（DON）および各土壌層位のプロトン収支を解析している。O層以深へ浸透する溶存有機物のDOC/DON濃度比は、リターのC/N比を反映してUltisolsサイトで高く、O層におけるリターの無機化および硝化がOxisolsサイトに比べて抑制されていることを明らかにした。またOxisolsサイトの樹冠およびO層では、硝酸化成が主な酸生産プロセスとなって陽イオンの放出を駆動し、鉍質土層における塩基類の集積に寄与していることを示した。一方、UltisolsサイトではO層に発達したルートマットによる陽イオン吸収が主な酸生産プロセスとなって表層土壌に酸負荷を与え、鉍質土層への溶脱を伴わずに樹木がO層において養分を吸収していることを明らかにした。このように、Oxisolsでは、リターのC/N比が低いことを反映してO層における溶存有機物のDOC/DON比も低く保たれ、硝酸化成が活発に起こることで鉍質土層への陽イオンの移動が引き起こされた一方で、強酸性のUltisolsでは、O層における溶存有機物のDOC/DON比が高く保たれることで有機物からの養分放出が緩慢となり、樹木根が酸負荷をO層に集中させることによって養分を下層へ逃すことなく吸収していることが</p>			

明らかとなった。

第5章、第6章では、Oxisolsと分布が重なる森林－サバンナ境界帯において、森林、サバンナおよびそれぞれの植生を開墾した後2年間にわたる植物－土壌間の物質動態を定量評価している。まず第5章では、開墾前の植生が開墾に伴う土壌からの養分損失量に与える影響を解析した。開墾後2年間の養分損失量が土壌中の全量に占める割合は、森林開墾耕地のN、Kおよび両耕地のCaで4%を超えることを明らかにした。ここでNの損失量が森林開墾耕地で大きかったのは、森林開墾耕地土壌のC/N比がサバンナ開墾耕地土壌よりも低かったことに起因すると考えられた。一方土壌溶液のpHとK⁺濃度に負の相関があったことから、Kの損失量が森林開墾耕地で大きかったのは、森林開墾耕地における土壌溶液のpH (4.5–5.4) がサバンナ耕地 (5.5–6.6) よりも低く、含K鉱物の溶解を促進したことに原因があると考えられた。

第6章では、炭素動態および溶液の下方浸透に伴う各土壌層位のプロトン収支を定量評価している。森林では樹体への陽イオン過剰蓄積が土壌断面全体への酸性化に寄与していた一方、サバンナでは植物による陽イオン吸収が少ないために酸性化速度が極めて小さいことを明らかにした。両植生ともに開墾すると硝酸化成が生産する酸が酸生産量の9割以上を占めることから、土壌酸性化は、作物の系外への持ち出しによってではなく、主に硝酸化成によって引き起こされることが明らかとなった。土壌有機物1 molの減耗に伴う酸生産量は森林開墾耕地 (43–66 mmol_c mol⁻¹ C) でサバンナ開墾耕地 (16–25 mmol_c mol⁻¹ C) よりも大きくなり、森林を開墾するとサバンナを開墾するよりも約2～3倍の酸負荷を土壌に与えることが明らかとなった。

これらの結果をもとに、第7章では、熱帯湿潤アフリカのOxisolsおよびUltisolsにおける土壌生態系プロセスに配慮した農地利用法を検討している。森林地帯における農地利用を考えた場合、開墾前の大きい窒素フラックスを反映して開墾後の土壌からの養分放出速度も大きいと予想されるため、樹木作物の利用 (例：庇陰樹とカカオの組み合わせ) など森林生態系を模した利用とし、土壌型にかかわらず樹木による元々の養分吸収パターンを維持・踏襲することが重要であると考えられた。Oxisols地帯に成立する森林－サバンナ境界帯では、開墾前の植生が森林の場合には上述の通り樹木作物が適している一方、養分収奪が激しい主要穀物などの単年生畑作物 (例：キャッサバやトウモロコシ) は、サバンナを開墾した耕地において過度の収奪に留意しつつ栽培されるのが望ましいと考えられた。さらに、森林耕地ではKおよびCa欠乏に、サバンナ耕地ではCa欠乏に留意する必要性が示された。

第8章では、本研究における成果のとりまとめを行っている。

注)論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

アフリカ熱帯林やその周縁部に広がるサバンナでは自給的な焼畑農業が営まれているが、人口増加と商業的農業の浸透に伴い、より集約的かつ持続的な農地利用法の確立が求められている。そのためには、まずその地域特有の土壌生態系プロセスが理解され、それに対応した土地利用法が提案される必要がある。本論文では、カメルーン南東部を調査地とし、土壌型の違いが熱帯林の生態系プロセスに及ぼす影響を調べるとともに、森林－サバンナ境界帯とほぼ分布が重なるOxisolsの森林・サバンナ・耕地における物質動態を比較することによって元の植生が養分損失に及ぼす影響を明らかにしたものであり、評価できる点は以下の通りである。

1. OxisolsとUltisolsに成立する熱帯林において、土壌型の物質循環に対する影響が検討された結果、両地点ともに窒素固定樹種の優占を反映して窒素フラックスは一樣に大きい一方、強酸性のUltisolsに成立する森林では表層に集中する樹木根による養分が吸収されるのに対し、酸度が中程度のOxisolsに成立する森林では、O層において硝酸化成が活発に起こることで次表層へ塩基類の移動が起こり、次表層に及ぶ養分吸収パターンをとることを明らかにした。このように、アフリカ熱帯林の植物－土壌間の養分循環様式は、土壌酸度の違いが土壌断面内の細根分布を規定することを通して、土壌型が制御していることを示した。

2. Oxisols地帯に成立する森林－サバンナ境界帯において、開墾前の植生（森林またはサバンナ）が耕地土壌からの養分損失に与える影響を検討した。その結果、開墾前の植生における養分循環様式を反映して、森林を耕地化した方が、サバンナを耕地化するよりも耕地での硝酸態窒素フラックスが大きく、それに駆動される塩基類の溶脱量も多いことを明らかにした。元の植生がサバンナの場合、開墾によるCaの損失が深刻である一方、土壌溶液のpHが低い森林耕地では、Caだけでなく鉍物の溶解によるKの損失も著しいことを示した。このように、耕地化が生態系プロセスに及ぼす影響は、表層の土壌pHや土壌有機物のC/N比を通して、開墾前の植生が規定していることを示した。

3. 以上の結果に基づいて、土壌養分の持続性の観点から適切な農地利用を検討した。熱帯林地帯では、土壌型にかかわらず樹木による元々の養分吸収パターンを維持することが重要で、森林生態系を模した土地利用が望ましいことを示した。一方、Oxisolsが分布するサバンナ帯は、土壌養分の持ち出しや損失が大きい自給用の単年生畑作物（例：キャッサバやトウモロコシ）の小規模栽培に利用するのが望ましいことを示した。

以上のように、本論文は湿潤アフリカにおける代表的な土壌型や植生が土壌生態系プロセスに及ぼす影響を明らかにしたものであり、土壌学、森林生態学、熱帯農業生態学の発展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成30年2月9日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。

また、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

注) 論文内容の要旨、審査の結果の要旨及び学位論文は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。

ただし、特許申請、雑誌掲載等の関係により、要旨を学位授与後即日公表することと支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降（学位授与日から3ヶ月以内）